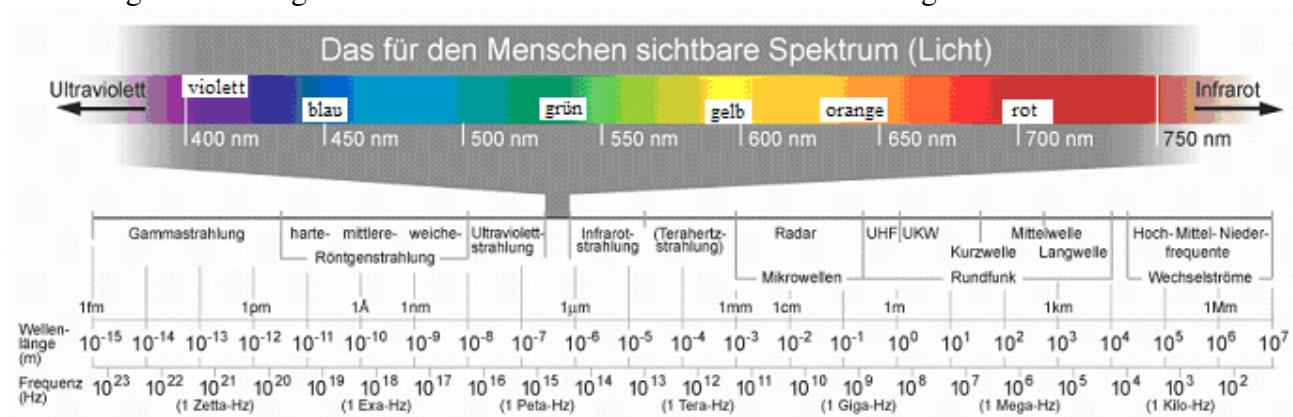


Sonnenstrahlung und Ozonschicht

Das Sonnenlicht

„Licht“ ist der für unser Auge wahrnehmbare Teil des so genannten „elektromagnetischen Spektrums“. Elektromagnetische Wellen dieses Spektrums sind zum Beispiel auch Radiowellen, Mikrowellen, Röntgenstrahlung, aber auch Radarwellen und Wechselströme. Unsere Sonne strahlt vor allem elektromagnetischen Wellen einer Wellenlänge von 250 bis 2000 nm aus. Diese Wellen umfassen die ultraviolette (UV) Strahlung (kürzere Wellenlängen), das für uns sichtbare Licht und die infrarote (IR) Strahlung (größere Wellenlängen, = Wärmestrahlung). Die Natur hat unsere Augen so konstruiert, dass wir mit ihnen genau die Art elektromagnetischer Strahlung der Sonne wahrnehmen können, die die Erdoberfläche erreicht. Da die Atmosphäre einen Großteil der UV-Strahlung ausfiltert (*siehe Kapitel Ozonschicht*), ist das eben der Bereich zwischen 400 und 750 nm Wellenlänge (=“Licht“). Kürzerwelliges Licht erscheint uns violett-blau, längerwelliges Licht rot. Es gibt allerdings Tiere (einige Schlangen, Tiefseefische), die auch IR-Strahlung und Tiere (einige Insekten, Reptilien und Vögel), die auch UV-Strahlung wahrnehmen können. Die UV-Strahlung ist für die Bräunung der Haut verantwortlich. Zu starke UV-Strahlung ist allerdings (v.a. haut-) krebserregend. Deswegen müssen Astronauten im All davor besonders geschützt werden.



Das elektromagnetische Spektrum

Wie bereits erwähnt, erreicht nicht die gesamte Sonnenstrahlung die Erdoberfläche. Dies wird durch zwei Effekte erzeugt:

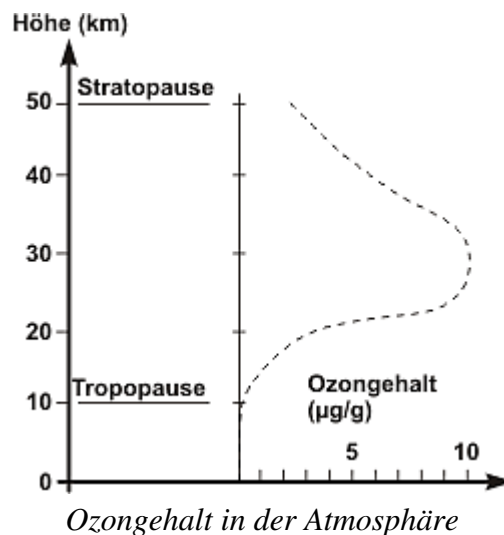
- **Reflexion**
- **Absorption**

Teile der Sonnenstrahlung werden von in der Atmosphäre befindlichen flüssigen oder festen Teilchen (=“Aerosole“) natürlichen und menschlichen Ursprungs wieder als Strahlung ins Weltall zurück **reflektiert**. Diese Aerosole können etwa Wasserdampf (insbesondere Wolken), Staubteilchen (Vulkanasche, Luftverschmutzung, Ruß,...), Pollen oder Sporen sein.

Ein Teil der Sonnenstrahlung wird auch von der Atmosphäre **absorbiert**. Das heißt, dass die Sonnenstrahlung von den Aerosolen aufgenommen und in Wärme verwandelt wird. Die wichtigste Art von Absorption geschieht in der Ozonschicht.

Ozonschicht

Die „Stratosphäre“ (untere Grenze = „Tropopause“; obere Grenze = „Stratopause“) ist eine Schicht der Atmosphäre in etwa 15-50 km Höhe. Die Temperatur steigt in dieser Sphäre wieder an (sie beträgt darunter in z.B. 10 km Höhe etwa -60°) und liegt in 50 km Höhe bei ca. 0°C . Diese Erwärmung wird wesentlich durch das Ozon (Sauerstoff in der Form O_3) verursacht, welches den Großteil des gefährlichen (siehe „Ozonloch“) kurzwelligen UV-Anteils (=UV-B) der Sonnenstrahlung absorbiert. Die so genannte **Ozonschicht** ist eine Schicht der Atmosphäre mit besonders großem Ozonanteil (siehe Abbildung unten) und ein Teil der Stratosphäre.



In dieser Ozonschicht wird unter Einwirkung der energiereichen ultravioletten Strahlung der Sonne Sauerstoff (O_2) in Ozon (O_3) umgewandelt. Die hohe Konzentration von Ozon absorbiert gefährliche UV-Strahlung (insbesondere UV-B), indem das Ozon von dieser Strahlung wieder in Sauerstoff zerlegt wird, so dass sich ein chemisches Gleichgewicht, der sogenannte Ozon-Sauerstoff-Zyklus ausbildet, bei dem die Menge von Ozon annähernd konstant bleibt.



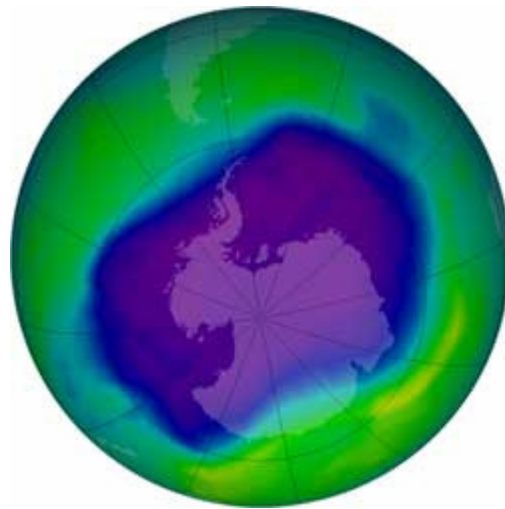
Die höchste Dichte von Ozon befindet sich in etwa 20 - 30 km Höhe. Würde man alles Ozon, das sich in der Atmosphäre befindet, extrahieren und auf Normaldruck komprimieren, ergäbe das eine 3 mm hohe Schicht auf der Erdoberfläche. Zum Vergleich: Die Luftsäule mit den anderen Gasen (vor allem Stickstoff und Sauerstoff) wäre 8 km hoch.

Ozonloch

Bestimmte Gase, insbesondere die so genannten FCKW („Fluorchlorkohlenwasserstoffe“, werden/wurden als Treibmittel in Spraydosen und als Kühlmittel in Kühlschränken verwendet), können einen beschleunigten Abbau des Ozons bewirken, so dass das Gleichgewicht in Richtung auf Sauerstoff O_2 verschoben wird. Dieses führt zum „**Ozonloch**“. Dieses bildet sich vor allem über den Polen. Es ist auch kein echtes „Loch“ in der Ozonschicht, sondern eine Zone mit vermindertem Ozonanteil in der Stratosphäre.

Durch die Zunahme an UV-B-Strahlung an der Erdoberfläche ist mit einem deutlichem Anstieg von Hautkrebsfällen und schweren Augenerkrankungen zu rechnen. Australien ist wegen der Nähe des Ozonlochs über der Antarktis das Land mit der weltweit höchsten Hautkrebsrate. Auch das Immunsystem wird gestört. Bei Pflanzen wird die Photosynthese im Blattgrün (dient der Energiegewinnung) beeinträchtigt - mit der Folge starker Ernterückgänge. In den Meeren geht die Entstehung der Kleinstlebewesen (Phytoplankton) zurück - mit spürbaren Folgen für die gesamte Nahrungskette.

Deshalb ist die Ozonschicht für das Leben auf der Erde von größter Wichtigkeit.



Ozonloch über der Antarktis am 24.9.2006 (bisher größte Ausdehnung)

Die stratosphärische Ozonschicht ist nicht zu verwechseln mit dem **bodennahen Ozon**. Dieses Reizgas für die Atemwege bildet sich im Sommer aus verschiedenen Vorläufersubstanzen (Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid) unter Sonneneinstrahlung. Es ist in höheren Konzentrationen vor allem für kranke, ältere Menschen und für Kinder gesundheitsschädlich.

Schließen des Ozonlochs

Seit 1995 ist die Verwendung von FCKW in Kühlschränken verboten. Es sollte also von dieser Seite kein neues FCKW in die Atmosphäre gelangen. Leider bleiben FCKW sehr lange in der Atmosphäre stabil.

Abschätzungen über die Geschwindigkeit, mit der sich das Ozonloch auf natürliche Weise wieder schließt, variieren um ein bis zwei Jahrzehnte.

Die NASA schätzt, dass über der Antarktis erst 2068 der Zustand vor der menschlich bedingten Ausdünnung wiederhergestellt sein wird.

Die Weltwetterorganisation geht davon aus, dass sich die Ozonschicht über der Antarktis in den nächsten 20 Jahren nur unwesentlich erholen wird und zwischen 2060 und 2075 der Zustand von vor 1980 wiederhergestellt ist - 10 bis 25 Jahre später als sie noch 2002 annahm. Über der Arktis ist in kalten Wintern der nächsten 15 Jahre mit größeren Ozonverlusten zu rechnen, der Zustand von vor 1980 wird voraussichtlich bis 2050 wieder erreicht.

Arbeitsanweisung

- Lesen Sie den Text genau durch und erstellen Sie eine **stichwortartige** Zusammenfassung (keine Texte abschreiben!). Mit Hilfe dieser Zusammenfassung soll Ihr Partner später nach Ihrem Unterricht die unten stehenden Fragen beantworten können (Zeit 30 min).
- Besprechen Sie Ihre Zusammenfassung und die unten stehenden Fragen mit einem Partner, der dasselbe Thema hat (hintere/r oder vordere/r Nachbar/in). Klären Sie jetzt verbliebene Unklarheiten. (Zeit 10 min)
- Geben Sie jetzt den Text wieder ab (ohne diesen Fragenzettel und Ihre Zusammenfassung).
- Unterrichten Sie Ihren Banknachbar über Ihr Thema. Er sollte danach die untenstehenden Fragen beantworten können. Sie dürfen nach dem Unterricht Ihre Zusammenfassung für Ihren Banknachbarn kopieren. Prüfen Sie Ihren Nachbarn, ob er alles verstanden hat! (Zeit für jedes Thema: 15 min)

Fragen:

- 1) Was gehört zum „elektromagnetischen Spektrum“?
- 2) Welche Strahlungsarten sendet die Sonne aus?
- 3) Was ist „Licht“?
- 4) Was ist UV-Strahlung, was ist IR-Strahlung?
- 5) Welchen Effekt hat UV-Strahlung auf unsere Haut? Welche Gefahr bringt das mit?
- 6) Durch welche beiden Effekte wird die Sonnenstrahlung teilweise von der Erdoberfläche abgehalten?
- 7) Was sind „Aerosole“ und welche Arten gibt es?
- 8) Was ist Reflexion und wodurch kommt sie zu Stande?
- 9) Was ist Absorption?
- 10) Was ist Ozon, was die Ozonschicht und wo liegt sie?
- 11) Was geschieht Wichtiges in der Ozonschicht?
- 12) Was ist der „Ozon-Sauerstoff-Zyklus“?
- 13) Was ist das Ozonloch, wodurch entsteht es und wo liegt es?
- 14) Welche Gefahren entstehen durch das Ozonloch?
- 15) Woher kommt das „bodennahe Ozon“ und was verursacht es?
- 16) Wie wird sich das Ozonloch in der Zukunft entwickeln?

Die Sonne als Feindin - Australien lebt und leidet unter dem Ozonloch

Hochsommer in Australien: Es ist vier Uhr nachmittags, die Schule ist aus. Kinder und Eltern strömen an die Strände von Sydney, um sich im glasblau schimmernden Meer abzukühlen. Noch immer ist die Sonne heiß und stechend. Für ihre Babys haben Mütter schützende Sonnenschirme aufgespannt. In deren Schatten bauen weißhäutige Dreijährige Sandburgen oder patschen im Matsch. Die älteren Kinder toben in knallbunten T-Shirts und knielangen Hosen in den Wellen. Auf den Kopf tragen sie Kappen mit Nackenschutz wie Fremdenlegionäre.

Von einem Felsen springen zwei Mädchen laut kreischend ins klare Salzwasser: Hannah und Tara sind vom Hals bis zu den Knien in hautenge pink, lila und schwarz gemusterte Badeanzüge gehüllt. Ihre Arme, Beine und Gesichter glänzen unter einer dicken Schicht Sonnenblocker. Leuchtend neongrüne und rosafarbene Tupfer undurchdringlicher Zinkcreme schmücken ihre Nasen. Die Mädchen kennen es nicht anders. Und außerdem gefallen ihnen ihre modischen „outfits“: „Der Badeanzug ist doch cool“, findet die siebenjährige Hannah, während ihre Mutter ihr einen Strohhut aufsetzt und sie nach dem Abrubbeln erneut dick mit Sonnenblocker eincremt. „Man kriegt damit keinen Sonnenbrand!“ „Und keinen Krebs“, fügt ihre ein Jahr jüngere, blaßblonde Freundin weise hinzu. Tara weiß, wovon sie spricht: Ihre Mutter hat sich gerade mehrere hautkrebsverdächtige Muttermale entfernen lassen müssen.

Auf dem fünften Kontinent ist die Sonne zur Gefahr geworden. Das Land hat die höchste Hautkrebsrate der Welt. „Tendenz steigend“, sagt Sue Murrey von der australischen Krebsvorsorgesellschaft. Seit dem Aufreißen des Ozonlochs über der Antarktis ist diese Gefahr noch größer geworden. „Nach unseren Berechnungen nimmt die Hautkrebsrate hier mit jedem Prozent Ozon, das verschwindet, um zwei Prozent zu!“ Jeder dritte „Aussie“, der im Lande geboren und aufgewachsen ist, muß sich irgendwann im Leben wegen Hautkrebs behandeln lassen. Tausende werden daran sterben. Über 1200 jedes Jahr – trotz aller Fortschritte in Früherkennung und Behandlung.

Dieses Jahr hat das Ozonloch über dem Südpol wieder eine neue Rekordgröße erreicht. Es erstreckt sich, rechnet Dr. Paul Fraser von der australischen Forschungsgesellschaft CSIRO vor, über 22 Millionen Quadratkilometer – zweimal so groß wie Europa. Für die Australier wird es besonders gefährlich, wenn atmosphärische Strömungen extrem ozonarme Luftschichten von der Antarktis über die ganze südliche Erdhalbkugel verteilen. Das geschieht in der Regel ab November, dem Beginn des Sommers. Dieses Jahr soll der Prozeß besonders lange dauern – bis Januar, vielleicht sogar Februar, sagt der Wissenschaftler.

Seit über zehn Jahren wirbt die Krebsvorsorgegesellschaft zu Beginn des südlichen Sommers in den Medien für aktiven Sonnenschutz. Mit Erfolg: Überall an australischen Stränden tauchen Hüte, Sonnenbrillen, langärmelige T-Shirts und Sonnenblocker auf. An den Schulen ist Sonnenschutz ein Teil des Lehrplans geworden. „No hat, no play“: Wer keinen Hut aufhat, darf nicht auf dem Schulhof spielen.

Hannah und Tara tragen breitkrepelige blaue Leinenhüte als Teil ihrer Schuluniform. „In der Mittagspause müssen wir in der Klasse essen oder im Schatten auf dem Balkon. Erst danach dürfen wir draußen spielen.“ Ihre Schule in Coogee, einem Strandvorort von Sydney, hat in den letzten zwei Jahren Dutzende Bäume gepflanzt und 15.000 Dollar beiseite gelegt, um neue Schattendächer für den Spielplatz anzuschaffen. Schulleiter Greg Short: „In den vergangenen zehn Jahren ist das Thema Sonnenschutz ganz wichtig für uns geworden.“

Die spritzig-witzige Werbekampagne der Krebsvorsorgegesellschaft und die Unterstützung australischer Modezeitschriften hat Sonnenschutz attraktiv gemacht: Australische Models sind nicht mehr bronzebraun, selbst wenn sie Sommermode vorführen. „Blaßgold“ ist die Modefarbe. Und

selbst diese leichte Bräunung kommt in der Regel aus der Flasche oder der Puderdose – zusammen mit einem hohen Schutzfaktor. Der Verkauf von Sonnenschutz-Kosmetika hat sich in den letzten drei Jahren mehr als verdoppelt. In den Drogerien gibt es für jeden Typ und Hauttyp etwas – von der Spezialcreme für Babys in der Marienkäferflasche bis zum schick schwarz verpackten Sun-Blocker für „coole“ Surfer. Für die Hersteller ist das Ozonloch zu einem Riesengeschäft geworden.

Zwischen 11 und 15 Uhr sind die berühmten Rettungsschwimmer, die ehemals tiefgebräunten „Life Savers“, – nun in langärmeligen T-Shirts und im Schutz von Sonnensegeln – fast alleine am Strand. Immer mehr Australier meiden das Meer um diese Zeit, in der die Sonnenstrahlen am stärksten sind. Die Intensität der UV-Strahlung wird ihnen täglich mit dem Wetterbericht verkündet. Ab Stärke 8 wird es gefährlich. Im tropischen Norden liegen die Werte regelmäßig bei UV 13 oder 14. Mit dem Bewußtsein über die Ausbreitung des Ozonloches und die Gefahren erhöhter UV-Strahlung hat sich das Verhalten vor allem junger Aussies geändert. 1988 wollten noch über 60 Prozent der Befragten nicht auf ihre sommerliche Bräune verzichten. 1995 bestanden nur noch 17 Prozent darauf, daß Sonnenbräune auch Gesundheit bedeute. „Und die kriegen wir auch noch“, meinen die entschlossenen Campaigner der Krebsvorsorgegesellschaft.

Die Kinder haben die Botschaft der Krebsvorsorger bereits verinnerlicht. Für sie ist die Tatsache, daß Sonne auch Gefahr bedeuten kann, und damit auch Sonnenschutz ein Teil ihres Alltags geworden. Der neue Trend könnte nach Meinung von Dermatologen in den nächsten 20 Jahren Tausenden Australiern Haut und Leben retten. Nach Voraussagen von Wissenschaftlern auf einer Ozonlochkonferenz in Tasmanien, dem südlichsten Staat, wird das Ozonloch noch bis ins Jahr 2005 wachsen oder in Rekordhöhe bestehen bleiben. Erst danach soll sich der geschädigte Schutzgürtel der Erde gegen die UV-Strahlen der Sonne allmählich regenerieren – wenn sich alle Länder an die Abkommen über die Einstellung der Produktion von Fluorchlorkohlenwasserstoffen und anderen ozonschädlichen Ersatzstoffen halten. Bis dahin rechnen Ärzte mit einer 25prozentigen Zunahme von Hautkrebs auf dem fünften Kontinent.

Verständlicherweise haben sich die Australier bei den Verhandlungen über den Schutz der Ozonsphäre immer wieder für die strengsten Maßnahmen bei der Bekämpfung von FCKW eingesetzt. Der Import und die Herstellung von FCKW ist in Australien verboten. „Regierung, Industrie und Umweltgruppen haben dabei zusammengearbeitet“, sagt Michael Russell von Greenpeace. Zu einem gesteigerten Umweltbewußtsein auf anderen Gebieten habe dies in Australien allerdings noch nicht beigetragen. „Wenn es zum Beispiel zum Thema ‚Klimaerwärmung‘ kommt“, ärgert sich Russell, „dann überwiegen hier immer noch ganz klar die Interessen der Kohleexporteure.“

Für die meisten Australier ist der Kampf gegen die Ursachen des Ozonlochs gelaufen. Sie versuchen sich nun auf die praktischen Folgen einzustellen.

Slip, slop, slap – ein Slogan, der Australiern das Leben retten soll:

"slip on a shirt, slop on sunscreen and slap on a hat"

(Zieh' Dir ein Hemd an, schmier' Dich mit Sonnenschutz ein, setz' Dir 'nen Hut auf.)